SCHLOETH, R., K. KLINGLER und D. BURCKHARDT 1960. *Markierung von Rotwild in der Umgebung des Schweizerischen Nationalparkes.* Rev. Suisse de Zool. 67: 281-286.

SCHWARTZ, John E. und Glenn E. MITCHELL 1945. *The Roosevelt Elk on the Olympic Peninsula, Washington,* Jl. Wildl. Managem. 9: 295-319.

N° 12. **Hegg,** Bern. — Analysen von Grosswildkot aus dem schweizerischen Nationalpark zur Ermittlung der Nahrungszusammensetzung [1]. (Mit einer Textabbildung und 2 Tabellen.)

Um über die Zusammensetzung des Futters freilebender Pflanzenfresser Auskunft zu erhalten, bestehen grundsätzlich mehrere Möglichkeiten:

1. *Beobachtungen im Feld.*

a) Die Tiere werden beim Aesen beobachtet. Dabei wird festgestellt, welche Pflanzen abgebissen werden. Derartige Beobachtungen wurden ausgeführt von TENER (1954). Er beobachtete Moschusochsen und notierte, wielange sie sich an einer Pflanze aufhielten. Dies wäre die ideale Methode, weil sie qualitativ und quantitativ richtige Resultate liefern kann. Dagegen ist sie schwierig durchzuführen: die Futterpflanzen sind auf Distanz oft nicht erkennbar, die Tiere sind scheu, sie fressen auch nachts. Um einen vollständigen Speisezettel eines Tieres zu erhalten, muss dieses längere Zeit ständig beobachtet werden, auch bei Ortswechsel.

---

[1] Die Arbeit wurde ausgeführt im Botanischen Institut der Universität Bern mit einer Unterstützung des Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Für diese, sowie für die fortwährende tatkräftige Unterstützung durch die Herren Prof. Dr. M. WELTEN, Bern, Prof. Dr. J. G. BAER, Präsident der wissenschaftlichen Nationalparkkommission, Prof. Dr. P. BOVEY, Präsident der zoologischen Subkommission und Dr. D. BURCKHARDT möchte ich meinen besten Dank aussprechen.

b) An Aesungsplätzen wird nach der Aesung festgestellt, welche Pflanzen abgebissen wurden. Diese Methode müsste ähnlich gute Resultate liefern wie die direkte Tierbeobachtung. Sie ist ziemlich zeitraubend, da auf vielen Probeflächen der Verbiss der einzelnen Futterarten ausgezählt oder abgeschätzt werden muss. Sie gibt auch nicht das Bild der Nahrung einer Art, sondern des gesamten pflanzenfressenden Tierbestandes der Gegend, wenn sie nicht so ausgeführt wird, wie es Munthe-Kaas (1959) beschreibt: durch Verfolgen einer Fährte im Schnee und Auszählen aller an dieser Fährte verbissenen Pflanzen.

2. *Untersuchungen im Labor.*

a) Panseninhalte können auf die darin enthaltenen Nahrungsteile untersucht werden (Jensen 1958). Im Pansen der Wiederkäuer sind die Pflanzenteile teilweise noch gut erhalten und bestimmbar. Es sind aber auch hier weiche, krautige Blätter bereits durch die Verdauung zerstört.

Eine Mageninhaltsanalyse liefert die Zusammensetzung der Nahrung eines Tieres zu einem bestimmten Zeitpunkt. Um die Kurven der durchschnittlichen Zusammensetzung der Nahrung einer Tierart während eines Jahres zu erhalten, müssen deshalb Proben verschiedener Tiere von verschiedenen Jahreszeiten untersucht werden. Für jede Probe muss ein Tier seziert werden.

Die Methode der Panseninhaltsanalyse ist deshalb vor allem eine wichtige Ergänzung und Kontrolle anderer Methoden.

b) Kotanalysen: auch im Kot sind noch Reste nicht verdauter Pflanzen eindeutig bestimmbar, wie Dusi (1949) bei Hasen zeigte. Wohl sind manche Arten fast ganz verdaut, wahrscheinlich bleibt aber doch von den meisten die Cuticula übrig, die allerdings nicht mehr bestimmt werden kann. Die Gesamtheit der Cuticulareste kann aber verwendet werden, um die bestimmbaren Reste in ein Verhältnis zur Gesamtnahrung zu setzen. Trotzdem aus diesem Grund durch Kotanalyse nicht alle Nahrungsbestandteile erfasst werden können, sind brauchbare Resultate möglich.

Die Untersuchung einer Kotprobe gibt wie die Untersuchung eines Panseninhaltes die Zusammensetzung der Nahrung eines Tieres zu einem bestimmten Zeitpunkt. Kotproben sind aber leicht

in beliebiger Menge zugänglich. Diese Methode soll im Folgenden eingehender beschrieben werden.

Möglichkeiten der Kotanalyse.

Im untersuchten Kot aus dem Nationalpark waren verschiedene Pflanzenteile feststellbar. Schon makroskopisch liessen sich Nadelstücke von Gymnospermen und Erica, Stücke von Grasblättern, hartem Laub, Holz, Rinde und Moosen, und dazu Samen erkennen. Mikroskopisch dominierten Fetzen von Epidermen und Cuticula das Bild, dazu kommen Pollen, Sporen von Farnen, Moosen, Flechten und Pilzen, dann Einzelzellen aus Blattgeweben und freie Verstärkungsleisten aus verdauten Leitbündelzellen.

Wenn es darum geht, eine möglichst lange Artenliste der gefressenen Pflanzen zu erhalten, so wird man mit Vorteil makroskopisch und mikroskopisch untersuchen. Es ist dann aber nicht möglich, den Anteil einer Art am Gesamtfutter zu ermitteln. Wenn das Ziel der Untersuchung ist, vielleicht vorhandene Unterschiede in der Ernährung verschiedener Tierarten oder zu verschiedenen Zeiten zu finden, dann wird eine rein mikroskopische Untersuchung mit dem Hauptgewicht auf den Epidermis- und Cuticula-Fetzen vorzuziehen sein. Unter der Annahme, dass alle gefressenen Blätter die Verdauung als Epidermis oder Cuticula überstehen, lässt sich durch Auszählen aller dieser Teile der Anteil jeder noch erkennbaren Art an der Gesamtnahrung finden. Die Summe der Cuticularreste entspricht dann der Menge der gefressenen Blätter mit weichen Epidermen, die in der Verdauung zerstört werden. Selbst wenn, wie es wahrscheinlich ist, nicht wirklich alle Blätter im Kot noch als Cuticula feststellbar sind, so ergibt sich doch bei einer derartigen Analyse ein zur Behandlung gewisser Fragen benützbares quantitatives Bild der Nahrung des Wildes.

Der Anteil von gefressenem Holz und Rinde ist mit dieser Methode allerdings nicht ohne weiteres zu erhalten.

Um sich eine Vorstellung über die möglichen Fehler machen zu können, müssten Versuche mit Gehegetieren ausgeführt werden, bei denen bei bekanntem Futter der Kot untersucht werden müsste.

In der ersten Etappe der Untersuchungen über die Ernährung des Nationalparkgrosswildes, über die hier berichtet werden soll, wurden vor allem mikroskopische Kotanalysen durchgeführt.

Die Untersuchungsmethode.

Dusi (1949) arbeitete an Hasenkot, an dem solche Untersuchungen einfach durchzuführen sind. Seine Untersuchungsmethode musste deshalb ausgebaut werden.

Die Kotproben müssen frisch gesammelt werden. Dann trocknet man sie an der Luft und kann sie nachher zur Untersuchung beliebig aufbewahren.

Für makroskopische Untersuchungen wird der Kot in Wasser eingeweicht und auf einem Sieb gewaschen. Das Auszählen der Teile geschieht unter dem Binokular in Wasser.

Herstellung von mikroskopischen Kotpräparaten.

1. Einweichen des Kotes in Wasser, ca 1 Tag. 1 × Z.
2. Im Wasserbad 5 Min. kochen in KOH 10%. 2 × Z.
3. Material in Wasser kräftig schütteln löst die Epidermen.
4. Dekantieren trennt Einzelzellen, Pollen, Sporen von den grösseren Epidermisteilen ab, ebenso die groben Holz- und Rindenteile.
5. Färben in Sudan III (alkoholische Lösung) 1 Std. 2 × Z.
6. Präparat in Glyceringelatine oder Glycerin mit einem Wachsrand.

   Z = Auswaschen in Wasser und zentrifugieren oder stehen lassen.

Um die in den Präparaten vorhandenen Epidermen bestimmen zu können, müssen Vergleichspräparate hergestellt werden. Dazu wurde folgende Methode verwendet (ebenfalls nach Dusi 1949 verändert):

Herstellen von Vergleichspräparaten von Epidermen.

1. Kleine frisch gesammelte Blattstücke oder solche aus dem Herbar werden verwendet. Herbarmaterial muss zuerst in Wasser eingeweicht werden, eventuell durch Aufkochen in Glycerin-Wasser-Gemisch.
2. In einem Mazerierungsgemisch (frisch angesetzt) von je 1 Teil Chromsäure 10% und Salpetersäure 10% werden die Stücke im Wasserbad während 5 Min. bis 1 Stunde auf

ca 50° C gehalten. Die Zeit variiert je nach Widerstandsfähigkeit. Man nimmt zur Kontrolle ein Stück heraus und schüttelt es in Wasser. Wenn sich die Epidermis ablöst, ist genügend mazeriert. Zu langes Mazerieren zerstört auch die Epidermis.

3. Aufschwemmen in Wasser, Schütteln.
4. Färben und Einschliessen wie für Kotpräparate.

Sudan III färbt das Cutin. Falls den Epidermis-Zellgrenzen entlang eine dickere Cutinschicht vorhanden ist, so werden diese Grenzen sehr deutlich sichtbar. Bei Gramineen werden die Korkkurzzellen sehr schön gefärbt.

Vorläufige Resultate.

Es wurden über 200 Kotproben aus dem Nationalpark untersucht, die von Dr. D. Burckhardt in den Jahren 1955-57 während seines Aufenthaltes zur Beobachtung des Grosswildes gesammelt wurden.

Ueber die in diesen Kotproben unterschiedenen Pflanzenarten und Artengruppen gibt Tabelle I Auskunft. Dazu sind folgende Bemerkungen zu machen:

Pinus silvestris umfasst auch *P. mugo*, die anhand der Epidermis nicht sicher unterschieden werden konnte.

Picea excelsa wurde in einer nicht genau datierten Rehkotprobe mit 75% festgestellt.

Larix decidua: es ist erstaunlich, wie häufig diese Nadeln gefunden werden. Es scheint, dass Hirsch und Reh sie im Winter vom Boden aufnehmen, und zwar nicht nur zufällig mit anderer Nahrung, sonst könnten nicht Anteile von 30% zustande kommen. Der im Feld feststellbare Verbiss der Lärche ist gering (Burckhardt 1959).

Varia: Diese Gruppe umfasst gut erhaltene Epidermen, die bisher noch nicht bestimmt werden konnten. Der Anteil von maximal 60% beim Reh im Winter ist erklärlich, weil die entsprechenden Proben aus dem Münstertal stammen. Sie enthalten verschiedene Arten, von denen noch keine Vergleichspräparate hergestellt wurden.

Gramineen: Diese sind im allgemeinen gut erhalten und können wahrscheinlich noch weiter aufgeteilt werden, z. T. bis zur Art. (Metcalfe 1960).

Tabelle I

Häufigkeit und maximaler Anteil der unterschiedenen Pflanzen an der Nahrung von Hirsch, Reh und Gemse.

Kolonne 1: Anzahl Proben, in denen die Art vorkommt
Kolonne 2: Grösster in diesen Proben festgestellter Anteil in Prozent an der Gesamtnahrung (+ = nur Spuren)

	Hirsch				Gemse				Reh			
	Sommer		Winter		Sommer		Winter		Sommer		Winter	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Anzahl Proben	42		81		20		21		2		37	
Gymnospermen total . .	42	30	81	59	12	16	21	34	1	12	37	70
davon:												
Pinus silvestris	41	15	70	21	8	5	21	26	1	+	26	23
P. cembra			2	+	1	+	1	+			3	2
Picea excelsa	3	+	59	45	2	2	5	2			30	61
Larix decidua	11	2	79	30	7	4	13	4			35	24
Juniperus communis . .	30	30	75	21	8	14	15	11	1	12	33	18
Ericaceen total	41	46	73	47	15	50	21	47	2	42	35	66
davon:												
Erica carnea	41	24	57	37	15	30	21	47	2	23	26	51
Calluna vulgaris	4	3	10	3	1	5	1	+			2	1
Vaccinium myrtillus . .	24	28	25	25	4	3	6	+	1	+	18	54
V. vitis-idaea	25	18	65	33	1	14	6	1	1	19	28	32
Arctostaphylos uva-ursi .	2	+			2	+					5	4
Rhododendron sp. . . .	3	5	5	1	1	2	5	+				
Polygala chamaebuxus .	23	7	22	5	7	6	20	12	2	3	9	6
Varia	42	28	77	16	19	19	21	33	2	20	35	60
Immergrüne total . . .	42	66	81	74	20	65	21	73	2	63	37	91
Gramineen	42	50	81	68	20	57	21	61	2	23	35	46
Cyperaceen + Juncaceen.	42	19	64	13	16	18	21	17	2	45	24	10
Grasartige total	42	61	81	70	20	57	21	73	2	57	36	46
Krautartige	42	81	81	65	20	86	21	32	2	17	36	78
Farne	6	1	4	+			7	1	1	+	4	2
Moose	29	10	52	14			3	+	1	1	11	2

Cyperaceen und *Juncaceen* sehen sich in der Epidermis sehr ähnlich, es gelang noch nicht, sie zu unterscheiden. Es kommen jedenfalls vor allem *Carex*- und *Luzula*-Arten in Frage.

Krautartige: Hier wurden alle nur als Cuticula erhaltenen Arten zusammengefasst. Die Gruppe umfasst sommergrüne Kräuter, Stauden, Sträucher und Bäume. In seltenen Fällen sind an der Cuticula noch einzelne Epidermiszellen erhalten, sodass eine weitere Bestimmung vielleicht noch möglich wäre. Es ist aber wichtig, dass diese Gruppe mitgezählt wird, um den prozentualen Anteil der bestimmbaren Arten an der Gesamtnahrung zu erhalten und nicht am schwer verdaulichen Anteil.

Farne: Sie sind an ihren Spaltöffnungen relativ leicht erkennbar, doch sind sie als Futter offenbar nebensächlich.

Moose: Sie sind meist gut erhalten und leicht als Moose erkennbar. Einzelne grosse Stücke könnten von Spezialisten weiter bestimmt werden. Als Nahrung haben sie kaum grosse Bedeutung.

Flechten: Sie wären als Futter wahrscheinlich bedeutungsvoll; aber es scheint, dass von ihnen nur die Sporen die Verdauung überstehen.

Holz und Rinde: Beides wurde in dieser Arbeit vernachlässigt.

Die Zusammensetzung einzelner Proben ist aus Tabelle II ersichtlich. Sie umfasst alle 39 untersuchten Kotproben vom Reh. Sie zeigt deutlich, dass die einzelnen Proben sich oft stark unterscheiden, auch wenn sie in der gleichen Gegend gesammelt wurden, wo für alle Tiere die gleiche Futterauswahl da ist.

Wenn alle Proben aus den Monaten Juni bis Oktober zusammengefasst werden als Sommerproben, jene von November bis März als Winterproben, so ergibt sich Fig. 1. Hier lassen sich eindeutige Unterschiede zwischen den drei Tierarten und zwischen Sommer und Winter feststellen. Man beachte, dass die Werte für das Reh im Sommer unsicher sind, da sie auf nur zwei Proben beruhen. Alle übrigen augenfälligen Unterschiede sind statistisch gut gesichert.

Es scheint mir, dass anhand dieser Figur folgende Schlüsse gezogen werden können:

1. Hirsch und Gemse sind in ihrer Futterwahl ziemlich ähnlich. Durchwegs fressen sie viele Grasartige, dazu kommt im Sommer viel Krautiges, im Winter viel hartes Laub. Als harte Winternahrung bevorzugt der Hirsch die *Gymnospermen*, die Gemse dagegen die Zwergsträucher *(Ericaceen* und *Varia)*. Im Sommer ist die Gemse noch stärker Krautäser als der Hirsch. Auffallend ist für beide die mehr oder weniger gleichbleibende Menge der Grasartigen.

2. Das Reh unterscheidet sich von den beiden andern Arten. Es frisst durch das ganze Jahr erstaunlich viel hartlaubige Pflanzen und im Winter auffallend wenig Grasartige. *Gymnospermen* und *Ericaceen* sind offenbar ziemlich gleichwertig.

3. Die Frage, ob zwischen den einzelnen Tierarten Futterkonkurrenz herrscht, lässt sich noch nicht eindeutig beantworten.

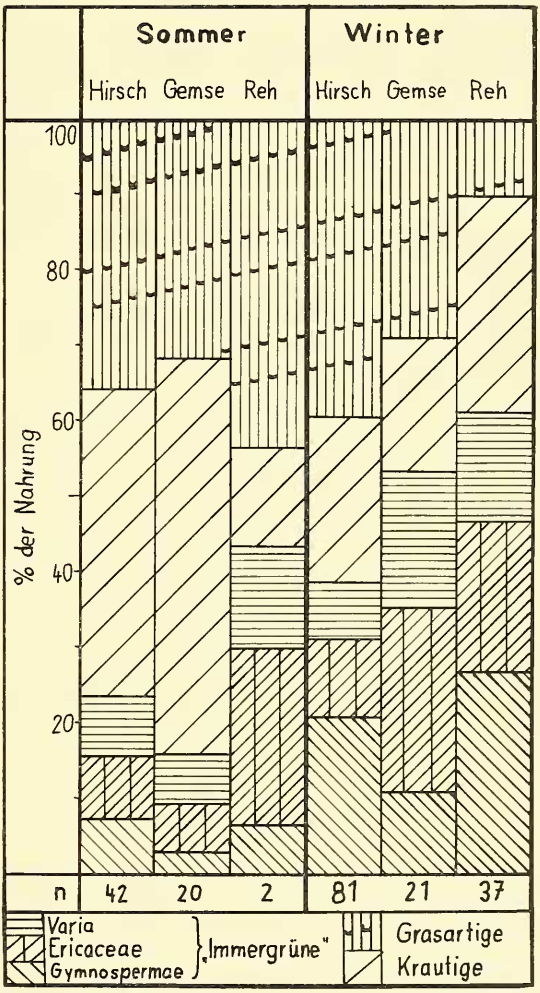

Fig. 1

Zusammensetzung der Nahrung von Hirsch, Reh und Gemse im Sommer und im Winter. n = Anzahl der untersuchten Proben.

Immerhin ist es wahrscheinlich, dass im Winter, wo alle drei Arten viel Wintergrünes fressen, das Reh, das ja darauf vor allem angewiesen ist, in Gebieten mit viel Hirschen oder Gemsen von diesen bedrängt werden kann, da diese neben dem Wintergrünen auch mit anderem Futter vorlieb nehmen können. Um hier klar zu sehen, ist es nötig, neben Nahrungsuntersuchungen irgendwelcher Art auch die Tiere genau zu beobachten, vor allem ihre Fressplätze zu erkennen.

4. Mikroskopische Kotanalysen anhand von Epidermis- und Cuticularesten sind geeignet, über die Zusammensetzung der Nahrung von Hirsch, Reh und Gemse zu orientieren. Sie sollten allerdings wenn möglich durch andere Untersuchungen ergänzt werden.

Ob sich Kotanalysen auch für andere Pflanzenfresser eignen, kann nicht gesagt werden. Untersuchte Proben von Schneehase waren vielversprechend, dagegen zeigten solche von Murmeltier und Steinbock sozusagen nur Cuticula. Ob dies auf eine bessere Verdauung oder auf krautartige Hauptnahrung zurückzuführen ist, lässt sich noch nicht sagen.

Untersuchungen wie die geschilderten können und müssen noch weiter ausgebaut werden. Es muss versucht werden, möglichst viele Teile so weit als möglich zu bestimmen. Je mehr einzelne Arten bestimmt werden können, umso eher ist es möglich, über das Biotop, in dem gefressen wurde, etwas auszusagen. Vielleicht ist es sogar möglich, dass anhand von pflanzensoziologischen Charakterarten die beweidete Pflanzengesellschaft bestimmt werden kann. Dann wären weitere Schlüsse auf die Lebensweise der Tiere möglich. Kotanalysen sollten aber wenn immer möglich ergänzt werden durch Untersuchungen von Panseninhalten und durch Beobachtungen im Feld.

Zusammenfassung.

Es wird eine Methode dargestellt, um aus Pflanzenfresserkot mikroskopische Präparate zu machen, in denen die Nahrungsbestandteile quantitativ erfasst werden können. Eine Methode zur Herstellung von Vergleichspräparaten von pflanzlichen Epidermen wird beschrieben.

Die Resultate von über 200 Kotproben von Hirsch, Gemse und Reh aus dem schweizerischen Nationalpark werden zusammenge-